

МНОГОКАСКАДНЫЙ УСИЛИТЕЛЬ НА ВСТРЕЧНОМ ВЫНУЖДЕННОМ РАССЕЙЯНИИ

В. Ф. Ефимков, И. Г. Зубарев, С. И. Михайлов, В. Б. Соболев

*Реферат статьи, принятой к публикации в журнале
"Квантовая электроника"*

Усилители на вынужденном рассеянии при попутном распространении излучений накачки и стоксова сигнала (попутный усилитель) [1] и при встречном распространении излучений (встречный усилитель) [2] могут быть использованы как устройства, позволяющие эффективно преобразовывать лазерное излучение по частоте, по яркости и т.д. В отсутствие насыщения оба типа усилителей обеспечивают примерно одинаковую эффективность преобразования. Однако в режиме насыщения для встречного усилителя требуется значительно больший насыщающий стоксов сигнал, чем для попутного усилителя [3, 4]. Это обусловлено тем, что в отличие от попутного во встречном усилителе в режиме насыщения входной стоксов сигнал усиливается под действием истощенной накачки. В предлагаемой схеме встречного усилителя взаимодействие накачки и стоксова сигнала осуществляется во многих каскадах (рис. 1). Исходные излучения накачки I_n и стоксова сигнала I_c направляются в первый каскад, вышедшие излучения направляются во второй каскад и т.д. В первом каскаде (или в нескольких первых каскадах) происходит экспоненциальное ненасыщенное усиление слабого входного стоксова сигнала, в последующих каскадах – эффективное преобразование накачки в стоксово излучение. Предполагается отсутствие потерь энергии при передаче излучений между каскадами. Для расчетов режима стационарного усиления использовались известные выражения [1, 2, 4] для входных и выходных интенсивностей взаимодействующих излучений:

$$I_c^{ex}/I_n^{ex} = (1 + I_c^{ex}/I_n^{ex})[(I_n^{ex}/I_c^{ex})\exp[-(1 + I_c^{ex}/I_n^{ex})G] + 1]^{-1} \quad (1)$$

для попутного усилителя и

$$I_c^{ex}/I_n^{ex} = (1 - I_c^{ex}/I_n^{ex})[(I_n^{ex}/I_c^{ex})\exp[(1 - I_c^{ex}/I_n^{ex})G] - 1]^{-1} \quad (2)$$

для встречного усилителя, где I_n^{ex} – интенсивность входной накачки, I_c^{ex} и I_c^{ex} – интенсивности входного и выходного стоксовых сигналов, $G = gI_n^{ex}L$ – инкремент усиления, L – длина активной среды усилителя.

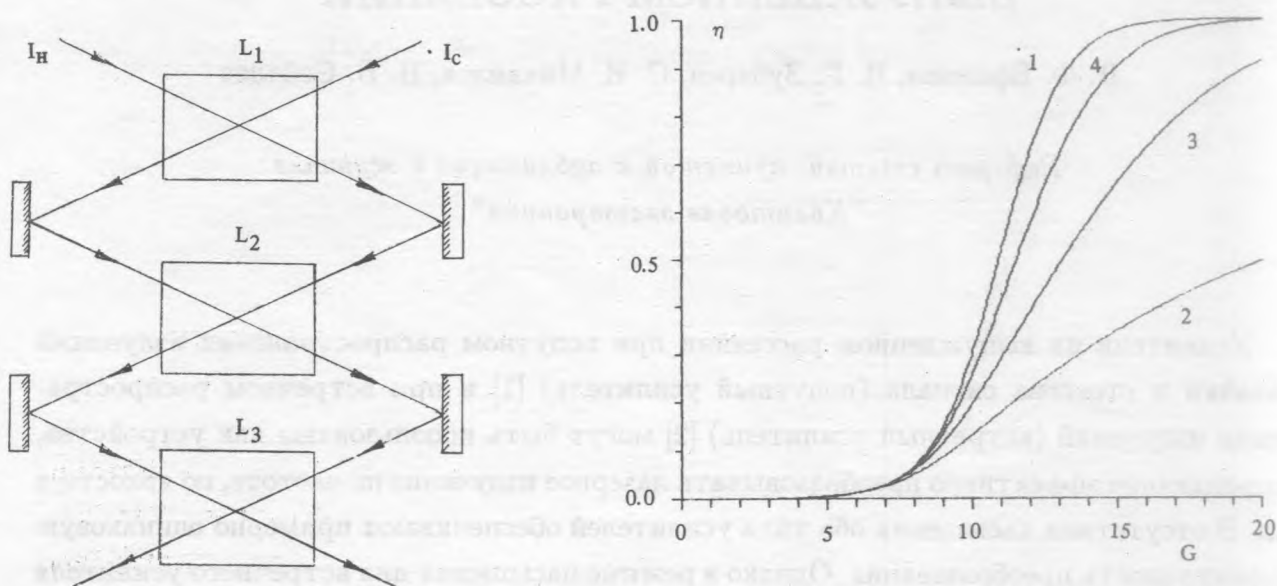


Рис. 1. Схема многокаскадного усилителя. L_1, L_2, \dots – длины усилительных каскадов.

Рис. 2. Расчетные зависимости эффективности преобразования η от инкремента усиления G .

На рис. 2 приведены зависимости эффективности преобразования $\eta = I_c^{ex}/I_n^{ex}$, рассчитанные по (1) и (2), от инкремента усиления G при постоянном входном стоксовом сигнале, составлявшем 10^{-5} от интенсивности накачки, при которой $G = 20$. Кривые 1 и 2 соответствуют попутному и встречному усилителям с длиной активной среды L , кривая 3 – двухкаскадному встречному усилителю с $L_1 = L_2 = L/2$, кривая 4 – четырехкаскадному встречному усилителю с $L_1 = L_2 = L_3 = L_4 = L/4$. Видно, что по мере увеличения числа каскадов зависимость η для встречного усилителя приближается к зависимости η для попутного усилителя. Нетрудно аналитически показать, что при числе каскадов, стремящемся к бесконечности, эффективность встречного усилителя стремится к эффективности попутного усилителя.

Экспериментально исследована двухкаскадная схема встречного усилителя на ВРМБ. Накачка осуществлялась излучением неодимового лазера с шириной спектра $\Delta\nu \leq 0,01 \text{ см}^{-1}$, длительностью прямоугольного импульса 10 нсек. Стоксов сигнал

вырабатывался отражением излучения с указанными выше параметрами в ВРМБ-генераторе по схеме с линзой. Длительность стокового импульса составляла 8 нсек. Оба каскада ВРМБ-усилителей представляли собой светопроводы квадратного сечения $1 \times 1 \text{ см}^2$, длиной $L_1 = L_2 = 20 \text{ см}$. Активным веществом во всех кюветах служил CCl_4 . Расстояние между каскадами усилителя $\sim 4 \text{ м}$. Потери энергии при передаче излучений между каскадами составляли: для накачки – 35%, для стокового сигнала – 60%. Суммарный инкремент усиления изменялся в пределах от 6 до 22, входной стоков сигнал составлял 4.6×10^{-4} от интенсивности накачки, при которой $G = 20$. Экспериментальные зависимости коэффициента усиления двух каскадов хорошо согласуются с расчетными, учитывающими потери излучения. Максимальный коэффициент преобразования накачки в стоково излучение по энергии при $G = 20$ и указанном выше входном сигнале составил $\sim 46\%$, по мощности (с учетом длительностей импульсов) $\sim 58\%$, что также хорошо согласуется с расчетом.

Л И Т Е Р А Т У Р А

- [1] Culver W. H., Soppi E. J., J. Appl. Phys., **35**, 3421 (1964).
- [2] Tang C. L. J. Appl. Phys., **37**, 2945 (1966).
- [3] Грасюк А. З., Зубарев И. Г., Мишин В. И., Смирнов В. Г. Квантовая электроника, N 5 (17), 27 (1973).
- [4] Васин А. П., Ефимков В. Ф., Зубарев И. Г., Петрухин А. Р., Соболев В. Б. Квантовая электроника, **17**, 920 (1990).

Поступила в редакцию 20 июля 1993 г.